

## Method for optimising the operation of an ultrasonic proximity switch and ultrasonic proximity switch with optimised operation

**Patent number:** EP0997747

**Publication date:** 2000-05-03

**Inventor:** SCHWARZ ROBERT DIPLO-ING (DE)

**Applicant:** SIEMENS AG (DE)

**Classification:**

- **International:** G01S7/52; G01S15/04; H03K17/945; G01S7/52;  
G01S15/00; H03K17/94; (IPC1-7): G01S15/04;  
G01S7/526; H03K17/945

- **European:** G01S7/52G; G01S15/04; H03K17/945

**Application number:** EP19990120160 19991008

**Priority number(s):** DE19981048287 19981020

**Also published as:**

EP0997747 (A3)  
EP0997747 (B1)

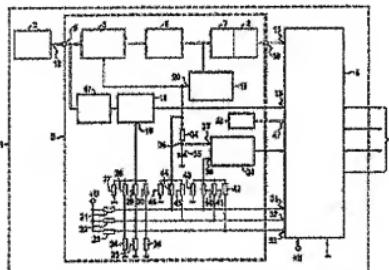
**Cited documents:**

EP0447076  
EP0981202  
EP0484565  
DD281259  
US5277065

[Report a data error here](#)

### Abstract of EP0997747

The proximity switch (1) has an ultrasonic transducer (2), a processing unit (3) and microprocessor (4). The processing unit has an amplifier (5), filter (6), demodulator (7) and comparator (8) all serially connected. The amplifier is at the input (9) of the processing unit and the comparator at its output. A feedback loop feeds to the amplifier via a control loop with a variable gain amplifier (19). The output (12) of the ultrasonic transducer is connected to the amplifier at the input of the processing unit. The output of the processing unit lies at the input (13) of the microprocessor which has a parameter interface (14). A series connection of an oscillator (16) and transmit end stage (17) is connected between the microprocessor output and the input.



Data supplied from the [csp@cenet](mailto:csp@cenet) database - Worldwide

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 0 997 747 B1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
13.04.2005 Patentblatt 2005/15

(51) Int Cl.: G01S 15/04, H03K 17/945,  
G01S 7/526, G01S 7/52

(21) Anmeldenummer: 99120160.9

(22) Anmeldetag: 08.10.1999

**(54) Verfahren zur Betriebsoptimierung eines Ultraschall-Näherungsschalters und  
Ultraschall-Näherungsschalters mit Betriebsoptimierung**

Method for optimising the operation of an ultrasonic proximity switch and ultrasonic proximity switch with optimised operation

Méthode pour optimiser l'opération d'un commutateur de proximité et commutateur de proximité à opération optimisée

(54) Benannte Vertragsstaaten:  
CH DE FR GB LI

(72) Erfinder: Schwarz, Robert, Dipl.-Ing. (FH)  
92272 Freudenberg (DE)

(30) Priorität: 20.10.1998 DE 19848287

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A- 0 447 076

EP-A- 0 484 565

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
03.05.2000 Patentblatt 2000/18

EP-A- 0 981 202

DD-A- 281 259

US-A- 5 277 065

(73) Patentinhaber: SIEMENS  
AKTIENGESELLSCHAFT  
80333 München (DE)

EP 0 997 747 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingegangen, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Betriebsoptimierung eines Ultraschall-Näherungsschalters, der einen Ultraschall-Wandler, einen Oszillator, einen Verstärker und einen Mikroprozessor umfaßt, wobei der Oszillator den Ultraschall-Wandler mit einer Oszillatorkreisfrequenz anregt und der Ultraschall-Wandler daraufhin ein Ultraschallsignal mit entsprechender Sendefrequenz aussendet, das er nach Reflexion als Ultraschallechosignal empfängt und in ein elektrisches Signal umwandelt, das im Ultraschall-Näherungsschalter weiterverarbeitet wird und proportional zur Amplitude des empfangenen Ultraschallechosignals ist und des durch stauendeinrichtung amplitudennmäßig ausgewertet wird.

[0002] Weiterhin betrifft die Erfindung einen Ultraschall-Näherungsschalter mit einem Ultraschall-Wandler, mit einem Oszillator, durch den der Ultraschall-Wandler zur Aussendung von Ultraschallwellen mit einer der Oszillatorkreisfrequenz entsprechenden Sendefrequenz anregbar ist und mit einem Mikroprozessor zur Steuerung und Auswertung der Sende- und Empfangssignale des Ultraschall-Näherungsschalters und mit einem vom Mikroprozessor steuerbaren Meßeinrichtung, die zur Messung der Amplitude eines im Ultraschall-Näherungsschalter nach Empfang des Ultraschall-Echosignals weiterverarbeiteten elektrischen Signals dient, das proportional zur Amplitude des Ultraschall-Echosignals ist.

[0003] Ein Verfahren zur Betriebsoptimierung, z.B. zum Sendefrequenzabgleich, eines Ultraschall-Näherungsschalters der obengenannten Art ist bekannt. Dabei handelt es sich um einen fertigungsseitigen, relativ aufwendigen Sendefrequenzabgleichsvorgang vor Auslieferung des Ultraschall-Näherungsschalters. Verschiedene Meß- und Einstellschlüsse müssen kontaktiert werden, um mit Hilfe von Meßgeräten den optimalen Abgleichswert zu finden. Nach Anpassen der Schaltung durch Einlöten eines entsprechenden Baulements muß die Funktion nochmals überprüft werden. In der Regel können Trimmer zur Frequenzstabilisierung wegen Problemen beim Verguß, der Temperaturundrift, dem Preis und der Langzeitverlässlichkeit nicht eingesetzt werden. Ein Laser oder Sandstrahlabgleich ist teuer und außerdem nicht möglich, weil ein Maximum erst erkannt wird, wenn der optimale Wert bereits überschritten ist.

[0004] Ein weiteres Verfahren zur Betriebsoptimierung eines Näherungsschalters betrifft die optimale Ausrichtung seines Ultraschall-Wandlers auf den Reflektor. Besonders in kritischen Fällen mit geringen Echo-Signalreserven ist eine geeignete Ausricht-Hilfe sinnvoll, insbesondere wenn sie z.B. auch Informationen über eventuelle Störsignale im Übertragungsweg oder Einflüsse, die durch interne Gerätfehler hervorgerufen werden, liefern kann. Bisher wurden meist recht aufwendige Zusatzschaltungen entwickelt, die z.B. die

Signalamplitude des Echoes durch Helligkeitsschwankungen einer Leuchtdiode darstellen bzw. durch Blinkeinen der Leuchtdiode zu geringe Signalreserven anzeigen. Die bisherigen Lösungen weisen allerdings meist einen erheblichen Schaltungsaufwand auf. Helligkeitsschwankungen der Leuchtdiode sind bei Tageslicht nur schwer zu unterscheiden. Weiterhin ist zu bemerken, daß die unterschiedlichen Pegel nicht eindeutig quantifizierbar und vergleichbar sind.

- [0005] Ein Verfahren der oben genannten Art für Ultraschall-Wandler ist aus der EP 0 447 076 A2 bekannt. Hier wird die Betriebsfrequenz eines Wandlers angepaßt an unterschiedliche Betriebsbedingungen optimal gesteuert. Die EP 0 494 555 A1 offenbart eine integrierte Selbststeuerung bei einem Ultraschall-Näherungsschalter, der einen integrierten Schaltkreis mit einem Sende-Oszillatorkreis aufweist. Zur Erzeugung eines Sendetaktes sind auf dem integrierten Schaltkreis zusätzliche Mittel vorgesehen. Über ein an den Schaltkreis angelegtes Steuersignal ist es möglich, zwischen diesem Sendetakt und einem von außen von einer Auswerterelektronik zugeführten Sendetakt zu wählen.
- [0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der obengenannten Art anzugeben, das mit geringen Kosten und Hardware-Aufwand eine Betriebsoptimierung, z.B. einen Sendefrequenzabgleich oder eine Ausricht-Optimierung auch bei einem vergessenen Ultraschall-Näherungsschalter ermöglicht.
- [0007] Weiterhin besteht die Aufgabe, einen Ultraschall-Näherungsschalter der obengenannten Art zu schaffen, der ohne großen zusätzlichen Kostenaufwand eine Betriebsoptimierung, z.B. einen Sendefrequenzabgleich oder eine Ausricht-Optimierung ermöglicht.
- [0008] Die erste Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die zur Amplitude des empfangenen Ultraschall-Echosignals proportional weiterverarbeitete elektrische Signalk durch steuern den Eingriff des Mikroprozessors auf eine Meßeinrichtung amplitudennmäßig ausgewertet wird.
- [0009] Werden das Auswertergebnis und ggf. die zugehörigen Einstellwerte abgespeichert, so ermöglicht dies vorteilhafterweise die automatisierte Sendefrequenzabgleich, bei dem die abgespeicherten Auswertergebnisse und Einstellwerte mittels eines Programms im Mikroprozessor ausgewertet werden.
- [0010] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des erfundungsgemäßen Verfahrens sind den Ansprüchen 3 bis 5 zu entnehmen.
- [0011] Hängt die Oszillatorkreisfrequenz von der Amplitude einer am Oszillator angelegten Steuerspannung ab, die durch den Mikroprozessor verändert wird und daraufhin das elektrische Signal ändert, so ermöglicht dies auf einfache Weise eine Variante der Sendefrequenz und damit den Sendefrequenzabgleich.
- [0012] Vorteilhafterweise erfolgt die Veränderung der Steuerspannung durch Zustandswechsel an Ausgängen des Mikroprozessors, was nach Aktivierung des Abgleichsvorgangs, z.B. über eine Parametrierchnittstelle

- le des Mikroprozessors, mit Hilfe eines im Mikroprozessor abgespeicherten Ablaufprogramms auf einfache Weise realisierbar ist. Die Zustandswechsel können darin bestehen, daß an die Ausgänge ein Spannungs-potential +U, ein Massepotential oder ein hochohmiger Zustand vorgegeben wird.
- [0013] Bawirken die Zustandswechsel an einem dem Oszillator vorgeschalteten Netzwerk-Potentialwechsel, so ist auf einfache Weise durch Veränderung der Potential-Pegelkombination mit Hilfe des Netzwerks die Steuerspannung am Oszillator veränderbar.
- [0014] Vorteilhafterweise ist das elektrische Signal eben dem Verstärker zugeführte Regelspannung.
- [0015] Die amplitudenmäßige Auswertung des Signals erfolgt durch Vergleich mit einer Referenzspannung, die durch Zustandswechsel an Ausgängen des Mikroprozessors verändert wird. Die Zustandswechsel bewirken an einem Widerstandsnetzwerk Potentialwechsel und ermöglichen eine Vielzahl von Pegelkombinationen mit entsprechenden Abstufungen der Referenzspannung.
- [0016] Als besonders vorleihhaft hat es sich erwiesen, wenn der Mikroprozessor selbständig die Einheitewerte für die In Betrieb zu verwendende Sende Frequenz ermittelt, indem er aus den erfaßten Amplituden des elektrischen Signals die Höchste auswählt und abspeicherl.
- [0017] Die obengenannte zweite Aufgabe wird dadurch gelöst, daß eine vom Mikroprozessor steuerbare Melseinrichtung vorgesehen ist, die zur Messung der Amplitude eines im Ultraschall-Näherungsschaltlernach Empfang eines Ultraschall-Echosignals, weiterverarbeiteten elektrischen Signals dient, das proportional zur Amplitude des Ultraschall-Echosignals ist.
- [0018] Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung besteht, wenn die Oszillatofrequenz von der Amplitude einer am Eingang des Oszillators anliegenden Steuerspannung abhängt und der Eingang des Oszillators über ein Netzwerk mit Ausgängen des Mikroprozessors elektrisch verbunden ist, und wenn durch Zustandswechsel an den Ausgängen die Steuerspannung am Eingang veränderbar ist. Hierdurch ist die Sende Frequenz für den Sende Frequenzabgleich auf einfache Weise verlierbar.
- [0019] Eine besonders einfache Ausführung ist gegeben, wenn die Melseinrichtung einen Komparator aufweist, der zum Vergleich der Amplituden des elektrischen Signals und einer amplitudenmäßig durch den Mikroprozessor veränderbaren Referenzspannung dient.
- [0020] Eine weitere vorteilhafte Ausführung besteht, wenn zwischen einem Eingang des Komparators und Ausgängen des Mikroprozessors ein Netzwerk geschaltet ist und wenn durch Zustandswechsel an den Ausgängen die Referenzspannung veränderbar ist.
- [0021] Die Erfindung wird im folgenden anhand einer Zeichnung näher erläutert.
- [0022] Die Figur zeigt den prinzipiellen schaltungsmäßigen Aufbau eines Ultraschall-Näherungsschalters
- 1, der im wesentlichen aus einem Ultraschall-Wandler 2, einer Weiterverarbeitungseinheit 3 und einem Mikroprozessor 4 aufgebaut ist. Die Weiterverarbeitungseinheit 3 weist hier einen aus einem Verstärker 5, einem Filter 6, einem Demodulator 7 und einem Komparator 8 aufgebauten Zweig auf, wobei die Komponenten in der genannten Reihenfolge in Serie geschaltet sind und am Eingang 9 der Weiterverarbeitungseinheit 3 der Verstärker 5 und am Ausgang 10 derselben der Komparator 8 liegt. Über eine Regelschleife mit einem Regelverstärker 19 erfolgt eine Rückkopplung zum Verstärker 5. Der Ausgang 12 des Ultraschall-Wandlers 2 ist über den Eingang 9 der Weiterverarbeitungseinheit 3 mit dem Verstärker 5 verbunden. Der Ausgang 10 der Weiterverarbeitungseinheit 3 liegt an einem Eingang 13 des Mikroprozessors 4, der eine Parametrieschnittstelle 14 aufweist. Zwischen einem Ausgang 15 des Mikroprozessors 4 und dem Eingang 9 ist eine Reihenschaltung aus einem Oszillator 16 und einer Sendestufe 17 geschaltet.
- [0023] Im folgenden wird die Wirkungsweise des so vereinbarten Näherungsschalters erläutert.
- [0024] Der Mikroprozessor 4 aktiviert über seinen Ausgang 15 den Oszillator 16, der abhängig von einer an seinem Eingang 18 anliegenden Steuerspannung ein Anregungssignal mit einer von der Amplitude der Steuerspannung abhängigen Oszillatofrequenz erzeugt. Dieses Anregungssignal wird nach Verstärkung in der Sendestufe 17 an den Wandler 2 weitergeleitet, der ein Ultraschallsignal mit einer der Oszillatofrequenz entsprechenden Sende Frequenz aussendet. Nach Reflexion der Ultraschallwellen an einem Objekt empfängt der Ultraschall-Wandler 2 ein Ultraschallecho und wandelt dieses in ein elektrisches Signal um. Dieses wird in der Weiterverarbeitungseinheit verstärkt, anschließend gefiltert, demoduliert und vor Übergabe an den Mikroprozessor 4 amplitudenmäßig erfaßt. Das elektrische Signal wird hier nach der Filterung außerdem über einen Regelverstärker 19 in der Weiterverarbeitungseinheit 3 verstärkt und die dann an seinem Ausgang 20 anliegende Regelspannung an den Verstärker 5 rückgeführt. Über die Parametrieschnittstelle 14 des Mikroprozessors 4 wird ermöglicht, Daten in den Mikroprozessor 4 ein- und auszulesen.
- [0025] Mit dem Mikroprozessor ist eine Leuchtdiode 46 verbunden, die nach einer Inflammlierung die Signalamplitude des Ultraschall-Echosignals durch Hell-Dunkel-Schwankungen darstellt bzw. durch Blinken zu geringe Signalausreserven anzeigt.
- [0026] Erfindungsgemäß ist der soweit beschriebene Ultraschall-Näherungsschalter 1 mit einem Widerstandsnetzwerk versehen, das Spannungstellerwiderstände 21 bis 26 sowie zusätzliche Widerstände 27 bis 30 aufweist. Durch die Widerstandspaire 21, 24; 22, 25 und 23, 26 sind drei Spannungsstufen gebildet, deren Mittelpunkt jeweils an einen der Ausgänge 31, 32 bzw. 33 des Mikroprozessors 4 geschaltet ist und die einerseits an das gemeinsame Potential +U und andererseits

an das Massopotential angeschlossen sind. Die Mittelpunkte der genannten Spannungsteller sind jeweils über einen der Widerstände 28, 29 und 30 mit dem Eingang 15 des Oszillators 16 verbunden. An dem gemeinsamen Verbindungspunkt der Widerstände 28, 29, 30 ist außerdem der Widerstand 27 zum Massopotential hin angeschlossen.

[0027] Am Ausgang 20 des Regelverstärkers 19 ist ein Tiefpaß aus einem ohmschen Widerstand 34 und einem Kondensator 35 vorgesehen. Deren Verbindungsleitung 36 ist an einem ersten Eingang 37 eines Komparators 38 angeschlossen, derausgangsseitig mit dem Mikroprozessor 4 verbunden ist. Ein zweiter Eingang 39 des Komparators 38 ist über Widerstände 40, 41, 42 mit den Ausgängen 31, 32 bzw. 33 verbunden. Ein weiterer Widerstand 43 ist am Verbindungspunkt 39 zum Massopotential hin angeschlossen.

[0028] Weiterhin besteht eine Verbindung zwischen den Ausgängen 31 bzw. 32 des Mikroprozessors 4 einerseits und dem Ausgang 20 des Regelverstärkers 19 durch zwei weitere Widerstände 44 und 45, zu denen ein Widerstand 46 vom Verbindungspunkt zum Massopotential parallel geschaltet ist.

[0029] Im folgenden wird die Funktion des vorangehend beschriebenen Näherungsschalters 1 mit Betriebsoptimierung näher erläutert.

[0030] Die Betriebsoptimierung, hier der Sendefrequenzabgleich, des Näherungsschalters 1 wird über die Parameterrschnittsstelle 14 aktiviert. Daraufhin werden die Ausgänge 31, 32, 33 des Mikroprozessors 4 in geeigneter Kombination nach High-Pegel (+U), Low-Pegel (Massopotential) oder Tristate (hochnomiger Zustand) geschaltet. Im Tristate-Betrieb liegt aufgrund der Spannungsteller-Widerstände 21 bis 26 die Hälfte der gemeinsamen Versorgungsspannung +U an den Mittelpunkten der Spannungsteller an, in den anderen beiden Zuständen entweder die volle Versorgungsspannung +U oder das Massopotential. Während der zyklische Sendefaktor über den Ausgang 15 aktiv ist, wird die Oszillatorkreisfrequenz des am Ausgang vom Oszillator 16 anstegenden Anregungssignals schrittweise über die Widerstände 27 bis 30 rampenförmig mit der maximal möglichen Auflösung von 27 Schritten angesteuert. Die Widerstände 28 bis 30 haben je nach Gewichtung entsprechend den Ausgängen 31, 32 und 33 eine wertmäßige Abschaltung jeweils um den Faktor 3 und bilden zusammen mit dem Widerstand 27 einen Spannungsteller zur Erzeugung der Steuerspannung mit unterschiedlicher Amplitude. Das Anregungssignal mit der entsprechenden Oszillatorkreisfrequenz des Oszillators 16 wird während des über den Ausgang 15 vorgegebenen Sendefaktors freigegeben und gelangt über die Sendeanstufete 17 an den Ultraschall-Wandler 2.

[0031] Die Ultraschallwellen werden daraufhin vom Ultraschall-Wandler 2 mit der entsprechenden Sendefrequenz abgestrahlt und nach der Reflexion als Echo wieder empfangen. Im Verstärker 5 wird das vom Ultraschall-Wandler 2 erhaltenen elektrische Signal auf einen

verarbeitbaren Pegel gebracht, im nachgeschalteten Filter 6 von eventuellen Störsignalen befreit und nach Weiterverarbeitung im Demodulator 7 und Komparator 8 zur Auswertung im Mikroprozessor 4 eingespielt.

[0032] Um eine Übersteuerung des gefilterten elektrischen Signals und damit eine Reduzierung der Abgleichdynamik zu vermeiden, wird die Signalerstärkung über die Ansteuerung der Widerstände 44 bis 46 in Spannungsteillereinstellung durch die Ausgänge 31, 32 des Mikroprozessors 4 entsprechend angepasst.

[0033] Die Information für den optimalen Abgleichwert für die Sende Frequenz wird durch Messung der den Echocomplimenten proportionalen Regelspannung am Ausgang 20 des Regelverstärkers 19 bei der jeweils über den Oszillator 16 eingestellten Sende Frequenz erhalten. Hierzu wird mit Hilfe der Widerstände 40 bis 43 ein rampenförmiges Referenzsignal am Eingang 39 des Komparators 38 eingespeist und hier mit der Regelspannung verglichen. Diese wird durch den Tiefpaß, bestehend aus dem Widerstand 34 und dem Kondensator 35, gemittelt und steht damit für die Messung als zeitunabhängigen Signal zur Verfügung. Ausgangsseitig wird am Komparator 38 ein digitalisiertes Signal ausgegeben, dessen Pulsweitenvarianz die gemessene Amplitude wiederibt und im Mikroprozessor 4 weiterverarbeitet wird.

[0034] Bei externer Verarbeitung werden die Pegel der Regelspannung je nach Geräteausführung in Strom-, Spannungs- oder Frequenzwerte umgewandelt, die in einem gesonderten Prüfaufbau zyklisch gemessen und dort den entsprechenden Sende Frequenzwerten zugeordnet. Es wird dann der optimale Abgleichswert bei Regelspannungsmaximum ermittelt und dieser Frequenzwert bzw. die entsprechenden Einstellwerte per Parameterrschnittsstelle 14 dem Mikroprozessor 4 zur Abspeicherung übergeben.

[0035] Bei interner Verarbeitung ermittelt der Mikroprozessor 4 anhand eines hier nicht näher zu beschreibenden Ablaufprogrammes die optimale Abgleichfrequenz für den Ultraschall-Wandler 2 und speichert die hierfür ermittelte Pegelkombination an den Ausgängen 31 bis 33 des Mikroprozessors 4 ab.

[0036] Nach Abschluß des Sende Frequenz-Abgleichvorganges liegt dann im Normalbetrieb des Ultraschall-Näherungsschalters 1 die ermittelte Pegelkombination für die optimale Sende Frequenz des Ultraschall-Wandlers 2 während des Sendefaktors an den Ausgängen 31 bis 33 des Mikroprozessors 4 an.

[0037] Erhält der Mikroprozessor 4 Informationen über die Außen Temperatur, so kann für den Normalbetrieb eine automatische Nachführung der Oszillatorkreisfrequenz über die Ausgänge 31 bis 33 zur Anpassung an die Temperaturdrift der Resonanzfrequenz des Ultraschall-Wandlers 2 erfolgen. Hierzu ist allerdings Voraussetzung, daß im Mikroprozessor 4 der Einfluß der Temperatur auf die Frequenz des Ultraschall-Wandlers sowie die jeweils gültige Pegelkombination zur Nachführung der Oszillatorkreisfrequenz abgespeichert sind.

[0038] Die Einstell- und Meßfunktionen am Mikroprozessor 4 werden durch die Ansteuerung des Widerstandsnetzwerks im Zeitmultiplexverfahren realisiert, was einen geringen Hardware-Aufwand ermöglicht. Durch eine Erweiterung des Widerstandsnetzwerks und der Mikroprozessorausgänge kann die Auflösung der Einstell- und Meßfunktionen nahezu beliebig gesteigert werden. In Verbindung mit der üblicherweise vorhandenen Parametrieschnittstelle 14 ist ein automatisierter Sendequenzabgleich des kompletten und eventuell bereits vergessenen Näherungsschalters 1 ohne zusätzliche Kontaktiermaßnahmen auch vor Ort in der Anwendung möglich.

[0039] Die geräteinterne Messung der Prüfsignale vermeidet die ansonsten bei externer Signalauskopplung üblichen Probleme durch Störeinflüsse infolge von Masseschleifen, Rauschsignalen, Schwingungsruhigkeiten usw.

[0040] Ein weiterer Vorteil des oben beschriebenen Näherungsschalters ist es, daß die Ausgabe der Meßwerte und eventueller Fehler sowie die Einstellung der Abgleichparameter ohne zusätzlichen Hardware-Aufwand und mit wesentlich einfacheren Fertigungsvorrichtungen über die Parametrieschnittstelle des Näherungsschalters erfolgen kann.

[0041] Mit dem vorangehend beschriebenen Aufbau des Näherungsschalters 1 ist die optimale Ausrichtung des US-Wandlers 2 als weitere Betriebsoptimierung möglich.

[0042] Die Information für den optimalen Ausrichtungspunkt wird durch die Messung der echoamplitudoproportionalen Regelspannung am Ausgang 20 des Regelverstärkers 19 erhalten. Diese Messung entspricht der Regelspannungsmessung wie sie für den optimalen Sendequenzabgleich vorangehend beschrieben wurde. Mit Hilfe der Widerstände 40 bis 43 wird ein rampenförmiges Referenzsignal am Eingang 39 des Komparators 38 eingespeist und hier mit der Regelspannung verglichen. Dieser wird durch den Tiefpass, bestehend aus dem Widerstand 34 und dem Kondensator 35, gemittelt und steht damit für die Messung als zeitunkritisches Signal zur Verfügung. Ausgangsseitig wird am Komparator 38 ein digitalisiertes Signal ausgegeben, dessen pulseweiten Varianz die gemessene Amplitude widergibt und im Mikroprozessor 4 weiterverarbeitet wird. Durch Helligkeitsänderung oder Taktung einer eventuell bereits für andere Zwecke im Näherungsschalter 1 vorhandenen Leuchtdiode 46 durch einen Prozessorausgang 47 kann die aus dem digitalisierten Signal entsprechend aufbereitete Ausricht-Information am Näherungsschalter 1 angezeigt werden. Gleichzeitig kann die Ausricht-Information durch die standardmäßig vorhandene Parametrieschnittstelle 14 über ein spezielles extremes Schnittstellen-Interface in Echtzeit zur Visualisierung, z.B. als Balkendiagramm auf einen Personalcomputer gegeben werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Betrieboptimierung eines Ultraschall-Näherungsschalters (1), der einen Ultraschall-Wandler (2), einen Oszillator (16), einen Verstärker (5) und einen Mikroprozessor (4) umfaßt, wobei der Oszillator (16) den Ultraschallwandler (2) mit einer Oszillatorkonstante anregt und der Ultraschall-Wandler (2) daraufhin ein Ultraschallsignal aussendet, das er nach Reflexion als Ultraschall-Echosignal empfängt und in ein elektrisches Signal umwandelt, das im Ultraschall-Näherungsschalter (1) weiterverarbeitet wird und proportional zur Amplitude des empfangenen Ultraschall-Echosignals ist, und das durch steuernden Eingriff des Mikroprozessors (4) auf eine Meßeinrichtung (38,40,41,42,43) amplitudenmäßig ausgewertet wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Oszillatorkonstante von der Amplitude einer am Oszillator (16) angelegten Steuerspannung abhängt, die durch den Mikroprozessor (4) verändert wird und daraufhin die elektrische Signale ändert und daß die Veränderung der Steuerspannung durch Zustandswechsel an den Ausgängen (31,32,33) des Mikroprozessors (4) erfolgt und daß die amplitudenmäßige Auswertung des elektrischen Signals durch Vergleich mit einer Referenzspannung erfolgt, die durch Zustandswechsel an den Ausgängen (31,32,33) des Mikroprozessors (4) veränderbar ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Ergebnis der Amplitudenauwertung und ggf. zugehörige Einstellwerte abgespeichert werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zustandswechsel an einem dem Oszillator (16) vorgeschalteten Netzwerk mit Widerständen (21...30) Potentiowechsel bewirken.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Mikroprozessor (4) selbständig die Einstellwerte für die im Betrieb zu verwendende Sendequenz ermittelt, indem er aus den erfaßten Amplituden des elektrischen Signals die höchste auswählt und abspeichert.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das elektrische Signal eine dem Verstärker (5) zugeführte Regelspannung ist.
6. Ultraschall-Näherungsschalter (1) mit einem Ultraschall-Wandler (2), mit einem Oszillator (16), durch den der Ultraschall-Wandler (2) zur Aussendung von Ultraschallwellen mit einer der Oszillatorkonstante entsprechenden Sendequenz anregbar

ist, mit einem Mikroprozessor (4) zur Steuerung und Auswertung der Sende- und Empfangssignale des Ultraschall-Näherungsschalters (1) und mit einer vom Mikroprozessor (4) steuerbaren Meßeinrichtung (38,40,41,42,43), die zur Messung der Amplitude eines im Ultraschall-Näherungsschalters (1) nach Empfang des Ultraschall-Echosignals, weiterverarbeiteten elektrischen Signals dient, das proportional zur Amplitude des Ultraschall-Echosignals ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Oszillatorkreisfrequenz von der Amplitude einer am Eingang (18) des Oszillators (16) anliegenden Steuerspannung abhängt, das der Eingang (18) des Oszillators (16) über ein Netzwerk (21,22,23,24,25,26,27,28,29,30) mit den Ausgängen (31,32,33) des Mikroprozessors (4) elektrisch verbunden ist, und daß durch Zusatzwechsel an den Ausgängen (31,32,33) die Steuerspannung am Eingang (18) veränderbar ist, und daß durch Zusatzwechsel an den Ausgängen (31,32,33) die Referenzspannung veränderbar ist.

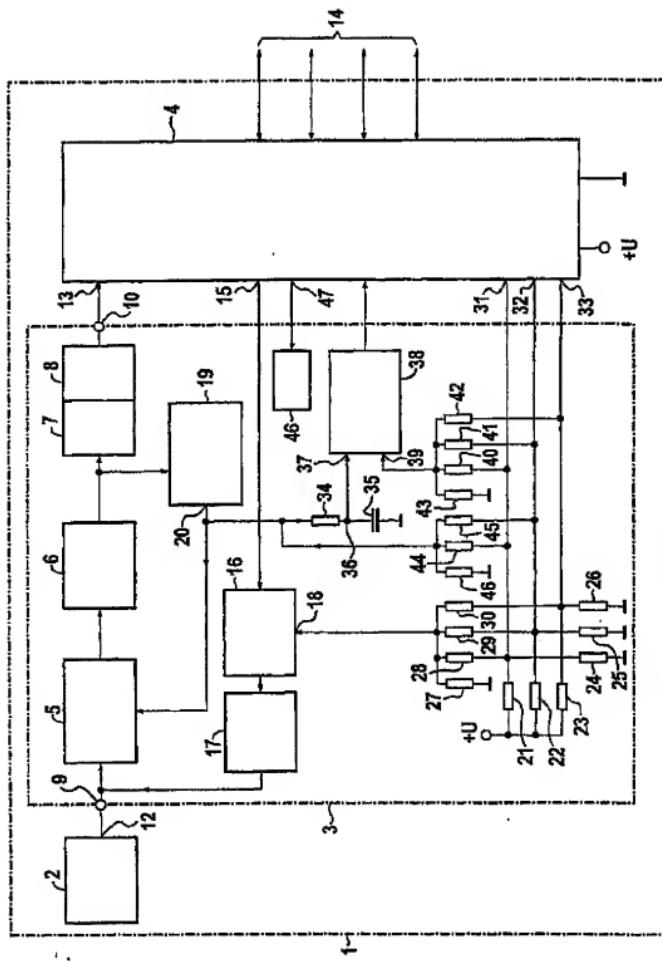
7. Ultraschall-Näherungsschalter nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßeinrichtung einen Komparator (38) aufweist, der zum Vergleich der Amplituden des elektrischen Signals und einer amplitudennmäßig durch den Mikroprozessor (4) veränderbaren Referenzspannung dient.

- Claims
- Method for optimising the operation of an ultrasonic proximity switch (1), which incorporates an ultrasonic transducer (2), an oscillator (16), an amplifier (5) and a microprocessor (4), in which the oscillator (16) excites the ultrasonic transducer (2) with an oscillator frequency causing the ultrasonic transducer (2) to emit an ultrasonic signal, which it then receives after reflection as an ultrasonic echo signal and converts to an electrical signal, which is then post-processed in the ultrasonic proximity switch (1) and which is proportional to the amplitude of the ultrasonic echo which has been received, and which by the controlling intervention of the microprocessor (4) is analysed on a measurement device (38,40,41,42,43) in terms of its amplitude, characterised in that the oscillator frequency depends on the amplitude of a control voltage applied to the oscillator (16), this voltage being changed by the microprocessor (4) thereby causing the electrical signal to change, the change in the control voltage being effected by state changes at the outputs (31,32,33) of the microprocessor (4), and that an analysis of the electrical signal in terms of its amplitude is effected by a comparison with a reference voltage, which can be changed by state changes at the outputs (31,32,33) of the microprocessor (4).

- Method in accordance with claim 2, characterised in that the result of the amplitude analysis and any appropriate adjustment values are stored away.
- Method in accordance with claim 1 or 2, characterised in that the state changes cause a change in the potential in a network with resistances (21...30) connected upstream from the oscillator (16).
- Method in accordance with one of the preceding claims, characterised in that the microprocessor (4) determines autonomously the adjustment values for the transmission frequency which is to be used in operation, by selecting and storing away the highest of the recorded amplitudes for the electrical signal.
- Method in accordance with one of the preceding claims, characterised in that the electrical signal is a regulating voltage which is fed to the amplifier (5).
- Ultrasonic proximity switch (1) with an ultrasonic transducer (2), with an oscillator (16) by which the ultrasonic transducer (2) can be excited to emit ultrasonic waves with a transmission frequency corresponding to the oscillator frequency, with a microprocessor (4) for controlling and analysing the transmitted and received signals of the ultrasonic proximity switch (1) and with a measurement device (38,40,41,42,43) which can be controlled by the microprocessor (4), which device is used to measure the amplitude of an electrical signal, which has been post-processed in the ultrasonic proximity switch (1) after the ultrasonic echo signal is received, which electrical signal is proportional to the amplitude of the ultrasonic echo signal, characterised in that the oscillator frequency depends on the amplitude of a control voltage applied to the input (18) of the oscillator (16), that the input (18) of the oscillator (16) is connected electrically via a network (21,22,23,24,25,26,27,28,29,30) to the outputs (31,32,33) of the microprocessor (4), and that the control voltage at the input (18) can be changed by state changes at the outputs (31,32,33), and that the reference voltage can be changed by state changes at the outputs (31,32,33).
- Ultrasonic proximity switch in accordance with claim 6, characterised in that the measurement device has a comparator (38), which is used for comparing the amplitude of the electrical signal with a reference voltage, the amplitude of which can be changed by the microprocessor (4).

**Revendications**

1. Procédé d'optimisation du fonctionnement d'un interrupteur (1) de proximité à ultrasons qui comprend un émetteur (2) d'ultrasons, un oscillateur (16), un amplificateur (5) et un microprocesseur (4), l'oscillateur (16) excitant l'émetteur (2) d'ultrasons à une fréquence d'oscillateur et l'émetteur (2) d'ultrasons émettant alors un signal d'ultrasons qu'il reçoit après réflexion sous la forme d'un signal d'écho d'ultrasons et qu'il transforme en un signal électrique qui est traité dans l'interrupteur (1) de proximité à ultrasons et qui est proportionnel à l'amplitude du signal d'écho d'ultrasons reçu et qui est évalué en amplitude sur un dispositif (38, 40, 41, 42, 10 43) de mesure par attaque commandée du microprocesseur (4), caractérisé en ce que la fréquence d'oscillateur dépend de l'amplitude d'une tension de commande appliquée à l'entrée (18) de l'oscillateur (16), en ce que l'entrée (18) de l'oscillateur (16) est reliée électriquement par un réseau (21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30) aux sorties (31, 32, 33) du microprocesseur (4), et en ce que la tension de commande à l'entrée (18) peut être modifiée par changement d'état sur les sorties (31, 32, 33) du microprocesseur (4).
2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le résultat de l'évaluation en amplitude et, le cas échéant, des valeurs de réglage associées sont mémorisés.
3. Procédé suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le changement d'état provoque un changement de potentiel sur un réseau en amont de l'oscillateur (16) ayant des résistances (21 ... 30 35 30).
4. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le microprocesseur (4) détermine automatiquement les valeurs de réglage pour la fréquence d'émission à utiliser en fonctionnement, en choisissant parmi les amplitudes détectées du signal électrique la plus grande et en la mémorisant.
5. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le signal électrique est une tension de régulation envoyée à l'amplificateur.
6. Interrupteur (1) de proximité à ultrasons ayant un émetteur (2) d'ultrasons, un oscillateur (16) par lequel l'émetteur (2) d'ultrasons peut être excité pour émettre des ondes ultrasonores ayant une fréquence d'émission correspondant à la fréquence de l'os- 55 cillateur, un microprocesseur (4) de commande et d'évaluation des signaux d'émission et de réception de l'interrupteur (1) de proximité à ultrasons et un dispositif (38, 40, 41, 42, 43) de mesure pouvant être commandé par le microprocesseur (4) et servant à mesurer l'amplitude d'un signal électrique traité dans l'interrupteur (1) de proximité à ultrasons après réception du signal d'écho d'ultrasons, ce signal étant proportionnel à l'amplitude du signal d'écho d'ultrasons, caractérisé en ce que la fréquence de l'oscillateur dépend de l'amplitude d'une tension de commande appliquée à l'entrée (18) de l'oscillateur (16), en ce que l'entrée (18) de l'oscillateur (16) est reliée électriquement par un réseau (21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30) aux sorties (31, 32, 33) du microprocesseur (4), et en ce que la tension de commande à l'entrée (18) peut être modifiée par changement d'état sur les sorties (31, 32, 33), et en ce que la tension de référence peut être modifiée par changement d'état sur les sorties (31, 32, 33).
7. Interrupteur de proximité à ultrasons suivant la revendication 6, caractérisé en ce que le dispositif de mesure comporte un comparateur (38) qui sert pour comparer l'amplitude du signal électrique et une tension de référence qui peut être modifiée en amplitude par le microprocesseur (4).



(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 0 997 747 A3

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(88) Veröffentlichungstag A3:  
27.09.2000 Patentblatt 2000/39

(51) Int. Cl. 7: G01S 15/04, H03K 17/945,  
G01S 7/526, G01S 7/52

(43) Veröffentlichungstag A2:  
03.05.2000 Patentblatt 2000/18

(21) Anmeldenummer: 99120160.9

(22) Anmelddatum: 08.10.1999

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 20.10.1998 DE 19848287

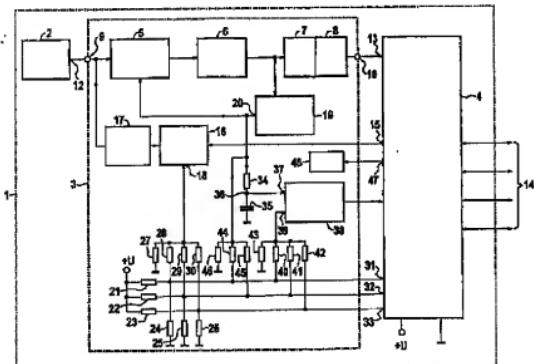
(71) Anmelder:  
SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
80333 München (DE)

(72) Erfinder:  
Schwarz, Robert, Dipl.-Ing. (FH)  
92272 Freudenberg (DE)

### (54) Verfahren zur Betriebsoptimierung eines Ultraschall-Näherungsschalters und Ultraschall-Näherungsschalters mit Betriebsoptimierung

(57) Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Betriebsoptimierung eines Ultraschall-Näherungsschalters wird ein zur Amplitude des empfangenen Ultraschallsignals proportionales elektrisches Signal durch steuernden Eingriff eines Mikroprozessors (4) auf eine Meßeinrichtung (38,40,41,42,43) amplitudennmäßig ausgewertet. Hierdurch werden z.B. ein Sendefre-

quenzabgleich und eine Ausricht-Optimierung ermöglicht. Der erfindungsgemäße Ultraschall-Näherungsschalter (1) hat hierzu an dem Mikroprozessor (4) potentiellmäßig veränderbare Ausgänge (31,32,33), an die ein Widerstandsnetzwerk zur Erzeugung von Referenzspannungen geschaltet ist.



Europäisches  
Patentamt

## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 99 12 0160

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSEFIKATION DER ANMELDUNG (Int.CI.)
X	EP 0 447 076 A (FEDERAL IND IND GROUP INC) 18. September 1991 (1991-09-18) * Spalte 6, Zeile 21 - Spalte 8, Zeile 56; Abbildung 4 *	1-4,8,9	G01S15/04 H03K17/945 G01S7/526 G01S7/52
E	EP 0 981 282 A (SIEMENS AG) 23. Februar 2000 (2000-02-23) * Spalte 3, Zeile 28 - Spalte 5, Zeile 50; Abbildungen *	1	
A	EP 0 484 565 A (SIEMENS AG) 13. Mai 1992 (1992-05-13) * das ganze Dokument *	1-12	
A	DD 281 259 A (ZWICKAU ING HOCHSCHULE) 1. August 1990 (1990-08-01) * das ganze Dokument *	1-12	
A	US 5 277 065 A (LESZCZYNSKI NICHOLAS) 11. Januar 1994 (1994-01-11) * Spalte 3 - Spalte 7 *	1-4,8,9	
			RECHERCHIERTE BACHGEWERTE (Int.CI.)
			G01S H03K
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenbericht	Angeschauten der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	2. August 2000	Devine, J.	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung, nicht betontet	T : der Entwurf zugrunde liegende Theorien oder Grundätze		
V : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Veröffentlichungsdatum veröffentlicht worden ist		
A : technologischer Hintergrund	D : in der Erfindung verwendete Dokumente		
O : nichttechnische Offenbarung	L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument		
P : Zweckentnahmeargument	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übernehmendes Dokument		



(19)

**Europäisches Patentamt**  
**European Patent Office**  
**Office européen des brevets**



(11)

EP 0 997 747 A2

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: G01S 15/04, H03K 17/945,  
G01S 7/526

(21) Anmeldenummer: 99120160-9

(22) Anmeldedatum: 08.10.1999

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
 AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
 MC NL PT SE  
 Benannte Erweiterungsstaaten:  
 AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 20.10.1998 DE 19848287

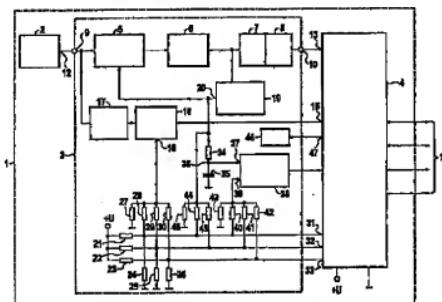
(71) Anmelder:  
**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**  
80333 München (DE)

(72) Erfinder:  
**Schwarz, Robert, Dipl.-Ing. (FH)**  
92272 Freudenberg (DE)

#### (54) Verfahren zur Betriebsoptimierung eines Ultraschall-Näherungsschalters und Ultraschall-Näherungsschalter mit Betriebsoptimierung

(57) Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Betriebsoptimierung eines Ultraschall-Näherungsschalters wird ein zur Amplitude des empfangenen Ultraschallsignals proportionales elektrisches Signal durch steuernden Eingriff eines Mikroprozessors (4) auf eine Meßeinrichtung (38,40,41,42,43) amplitudennah ausgewertet. Hierdurch werden z.B. ein Sendefrequenz-

quenzabgleich und eine Ausricht-Optimierung ermöglicht. Der erfindungsgemäße Ultraschall-Nahrungs-schalter (1) hat hierzu an dem Mikroprozessor (4) potentiellmäig veränderbare Ausgänge (31,32,33), an die ein Widerstandssatz zur Erzeugung von Refe-renzspannungen geschaltet ist.



**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 99 12 0160

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilie der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente aufgelistet.  
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Orientierung und erfolgen ohne Gewähr.

02-08-2000

im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0447076 A	18-09-1991	GB 2242023 A AT 141416 T AU 627685 B AU 7288191 A CA 2036738 A CA 2036738 C DE 69121264 D DE 69121264 T DK 447076 T ES 2098236 T JP 3037779 B JP 4238883 A US 5079751 A ZA 9101890 A	18-09-1991 15-08-1996 27-08-1992 19-09-1991 15-09-1991 18-10-1994 19-09-1996 30-01-1997 09-12-1996 16-10-1996 08-05-2000 19-08-1992 07-01-1992 26-02-1992
EP 0981202 A	23-02-2000	KEINE	
EP 0484565 A	13-05-1992	JP 4267624 A US 5144593 A	24-09-1992 01-09-1992
DD 281259 A	01-08-1990	KEINE	
US 5277065 A	11-01-1994	US 5335545 A	09-08-1994

EPO/FORM/DP/01

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Antablatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Betriebsoptimierung eines Ultraschall-Näherungsschalters, der einen Ultraschall-Wandler, einen Oszillator, einen Verstärker und einen Mikroprozessor umfaßt, wobei der Oszillator den Ultraschall-Wandler mit einer Oszillatorkreisfrequenz anregt und der Ultraschall-Wandler daraufhin ein Ultraschallsignal mit entsprechender Sendefrequenz aussendet, das er nach Reflexion als Ultraschallechosignal empfängt und in ein elektrisches Signal umwandelt, das im Ultraschall-Näherungsschalter weiterverarbeitet wird und proportional zur Amplitude des empfangenen Ultraschallechosignals ist.

[0002] Weiterhin betrifft die Erfindung einen Ultraschall-Näherungsschalter mit einem Ultraschall-Wandler, mit einem Oszillator, durch den der Ultraschall-Wandler zur Aussendung von Ultraschallwellen mit einer der Oszillatorkreisfrequenz entsprechenden Sendefrequenz anregbar ist und mit einem Mikroprozessor zur Steuerung und Auswertung der Send- und Empfangssignale des Ultraschall-Näherungsschalters.

[0003] Ein Verfahren zur Betriebsoptimierung, z.B. zum Sendefrequenzabgleich, eines Ultraschall-Näherungsschalters der obengenannten Art ist bekannt. Dabei handelt es sich um einen fingenierseitigen, relativ aufwendigen Sendefrequenzabgleichsvorgang vor Auslieferung des Ultraschall-Näherungsschalters. Verschiedene Meß- und Einstellschlüsse müssen kombiniert werden, um mit Hilfe von Meßgeräten den optimalen Abgleichswert zu finden. Nach Anpassen der Schaltung durch Einlöten eines entsprechenden Bauelementes muß die Funktion nochmals überprüft werden. In der Regel können Toleranzen zur Frequenzstanzstellung wegen Problemen beim Verguß, der Temperaturdrift, dem Preis und der Langzeitverlässlichkeit nicht eingesetzt werden. Ein Laser oder Strahlabgleich ist teuer und außerdem nicht möglich, weil ein Maximum erst erkannt wird, wenn der optimale Wert bereits überschritten ist.

[0004] Ein weiteres Verfahren zur Betriebsoptimierung eines Näherungsschalters betrifft die optimale Ausrichtung seines Ultraschall-Wandlers auf den Reflektor. Besonders in kritischen Fällen mit geringen Echo-Signalreserven ist eine geeignete Ausricht-Hilfe sinnvoll, insbesondere wenn sie z.B. auch Informationen über eventuelle Störsignale im Übertragungsweg oder Einflüsse, die durch interne Gerätfehler hervorgerufen werden, liefern kann. Bisher wurden meist recht aufwendige Zusatzschaltungen entwickelt, die z.B. die Signalamplitude des Echoes durch Helligkeitsschwankungen einer Leuchtdiode darstellen bzw. durch Blinken der Leuchtdiode zu geringe Signalreserven anzeigen. Die bisherigen Lösungen weisen allerdings meist einen erheblichen Schaltungsaufwand auf. Helligkeitsschwankungen der Leuchtdiode sind bei Tageslicht nur schwer zu unterscheiden. Weiterhin ist zu bemerken, daß die unterschiedlichen Pegel nicht eindeutig quantifi-

fizierbar und vergleichbar sind.

[0005] Daher liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der obengenannten Art anzugeben, das mit geringen Kosten und Hardware-Aufwand eine Betriebsoptimierung, z.B. einen Sendefrequenzabgleich oder eine Ausricht-Optimierung auch bei einem vergessenen Ultraschall-Näherungsschalter ermöglicht.

[0006] Weiterhin besteht die Aufgabe, einen Ultraschall-Näherungsschalter der obengenannten Art zu schaffen, der ohne großen zusätzlichen Kostenaufwand eine Betriebsoptimierung, z.B. einen Sendefrequenzabgleich oder eine Ausricht-Optimierung ermöglicht.

[0007] Die erste Aufgabe wird dadurch gelöst, daß das zur Amplitude des empfangenen Ultraschall-Echosignals proportional weiterverarbeitete elektrische Signal durch steuernden Eingriff des Mikroprozessors auf eine Meßeinrichtung amplitudenmäßig ausgewertet wird.

[0008] Werden das Auswerteergebnis und ggf. die zugehörigen Einstellwerte abgespeichert, so ermöglicht dies vorteilhafterweise den automatisierten Sendefrequenzabgleich, bei dem die abgespeicherten Auswerteergebnisse und Einstellwerte mittels eines Programms im Mikroprozessor ausgewertet werden.

[0009] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des erfundengemäßen Verfahrens sind den Anträgen 3 bis 8 zu entnehmen.

[0010] Hängt die Oszillatorkreisfrequenz von der Amplitude einer am Oszillator angelegten Steuerspannung ab, die durch den Mikroprozessor verändert wird und daraufhin das elektrische Signal ändert, so ermöglicht dies auf einfache Weise eine Varianz der Sendefrequenz und damit den Sendefrequenzabgleich.

[0011] Vorteilhafterweise erfolgt die Veränderung der Steuerspannung durch Zustandswechsel an Ausgängen des Mikroprozessors, was nach Aktivierung des Abgleichsvorganges, z.B. über eine Parametrieschrittmutter des Mikroprozessors, mit Hilfe eines im Mikroprozessor abgespeicherten Ablaufprogramms auf einfache Weise realisierbar ist. Die Zustandswechsel können darin bestehen, daß an die Ausgänge ein Spannungs-Potential +U, ein Massepotential oder ein hochohmiger Zustand vorgegeben wird.

[0012] Bewirken die Zustandswechsel an einem dem Oszillator vorgeschalteten Netzwerk-Potentialwechsel, so ist auf einfache Weise durch Veränderung der Potential-Pegelkombination mit Hilfe des Netzwerks die Steuerspannung am Oszillator veränderbar.

[0013] Vorteilhafterweise ist das elektrische Signal eine dem Verstärker zugeführte Regelspannung.

[0014] Die amplitudenmäßige Auswertung des Signals erfolgt durch Vergleich mit einer Referenzspannung, die durch Zustandswechsel an Ausgängen des Mikroprozessors verändert wird. Die Zustandswechsel bewirken an einem Widerstandsnetzwerk Potentialwechsel und ermöglichen eine Vielzahl von Pegelkombinationen mit entsprechenden Abstufungen der

den Ausgängen 31 bzw. 32 des Mikroprozessors 4 einerseits und dem Ausgang 20 des Regelverstärkers 19 durch zwei weitere Widerstände 44 und 45, zu denen ein Widerstand 46 vom Verbindungspunkt zum Massepotential parallel geschaltet ist.

[0028] Im folgenden wird die Funktion des vorangehend beschriebenen Näherungsschalters 1 mit Betriebsoptimierung näher erläutert.

[0029] Die Betriebsoptimierung, hier der Sendefrequenzabgleich, des Näherungsschalters 1 wird über die Parametrieschmittstelle 14 aktiviert. Daraufhin werden die Ausgänge 31, 32, 33 des Mikroprozessors 4 in geeigneter Kombination nach High-Pegel (+U), Low-Pegel (Massepotential) oder Tristate (hochohmiger Zustand) geschaltet. Im Tristate-Betrieb liegt aufgrund der Spannungsteiler-Widerstände 21 bis 26 die Hälfte der gemeinsamen Versorgungsspannung +U an den Mittelpunkten der Spannungsteile an, in den anderen beiden Zuständen entweder die volle Versorgungsspannung +U oder das Massepotential. Während der zyklische Sendezyklus über den Ausgang 15 aktiv ist, wird die Oszillatorkreisfrequenz des an Ausgang vom Oszillator 16 ansteckenden Anregungssignal schrittweise über die Widerstände 27 bis 30 rampenförmig mit der maximal möglichen Auflösung von 27 Schritten angesteuert. Die Widerstände 28 bis 30 haben je nach Gewichtung entsprechend den Ausgängen 31, 32 und 33 eine wertemäßige Abstufung jeweils um den Faktor 3 und bilden zusammen mit dem Widerstand 27 einen Spannungsteiler zur Erzeugung der Steuerspannung mit unterschiedlicher Amplitude. Das Anregungssignal mit der entsprechenden Oszillatorkreisfrequenz des Oszillators 16 wird während des über den Ausgang 15 vorgegebenen Sendezyklus freigegeben und gelangt über die Sendendiode 17 an den Ultraschall-Wandler 2.

[0030] Die Ultraschallwellen werden daraufhin vom Ultraschall-Wandler 2 mit der entsprechenden Sendefrequenz abgestrahlt und nach der Reflexion als Echo wieder empfangen. Im Verstärker 5 wird das vom Ultraschall-Wandler 2 erhaltenen elektrische Signal auf einen verarbeitbaren Pegel gebracht, im nachgeschalteten Filter 6 von eventuellen Störsignalen befreit und nach Weiterverarbeitung im Demodulator 7 und Komparator 8 zur Auswertung im Mikroprozessor 4 eingespielt.

[0031] Um eine Übersteuerung des gefilterten elektrischen Signals und damit eine Reduzierung der Abgleichdynamik zu vermeiden, wird die Signalverstärkung über die Ansteuerung der Widerstände 44 bis 48 in Spannungsteilerverschaltung durch die Ausgänge 31, 32 des Mikroprozessors 4 entsprechend angepasst.

[0032] Die Information für den optimalen Abgleichwert für die Sendefrequenz wird durch Messung der den Echomplituden proportionalen Regelspannung am Ausgang 20 des Regelverstärkers 19 bei der jeweils über den Oszillator 16 eingestellten Sendefrequenz erhalten. Hierzu wird mit Hilfe der Widerstände 40 bis 43 ein rampenförmiges Referenzsignal am Eingang 39 des Komparators 38 eingespeist und hier mit der Regel-

spannung verglichen. Diese wird durch den Tiefpass, bestehend aus dem Widerstand 34 und dem Kondensator 35, gemittelt und steht damit für die Messung als zeitunkorrektes Signal zur Verfügung. Ausgangsseitig wird am Komparator 38 ein digitalisiertes Signal ausgegeben, dessen Pulseweitenvarianz die gemessene Amplitude wiederibt und im Mikroprozessor 4 weiterverarbeitet wird.

[0033] Bei externer Verarbeitung werden die Pegel der Regelspannung je nach Geräteausführung in Strom-, Spannungs- oder Frequenzwerte umgewandelt, in einem gesonderten Prädauzbau zyklisch gemessen und dort die entsprechenden Sendefrequenzwerte zugeordnet. Es wird dann der optimale Abgleichwert bei Regelspannungsmaximum ermittelt und dieser Frequenzwert bzw. die entsprechenden Einstellwerte per Parametrieschmittstelle 14 dem Mikroprozessor 4 zur Abspeicherung übergeben.

[0034] Bei interner Verarbeitung ermittelt der Mikroprozessor 4 anhand eines hier nicht näher zu beschreibenden Ablaufprogramms die optimale Abgleichfrequenz für den Ultraschall-Wandler 2 und speichert die hierfür ermittelte Pegelkombination an den Ausgängen 31 bis 33 des Mikroprozessors 4 ab.

[0035] Nach Abschluß des Sendefrequenz-Abgleichvorgangs liegt dann im Normalbetrieb des Ultraschall-Näherungsschalters 1 die ermittelte Pegelkombination für die optimale Sendefrequenz des Ultraschall-Wandlers 2 während des Sendezyklus an den Ausgängen 31 bis 33 des Mikroprozessors 4 an.

[0036] Erhält der Mikroprozessor 4 Informationen über die Außentemperatur, so kann für den Normalbetrieb eine automatische Nachführung der Oszillatorkreisfrequenz über die Ausgänge 31 bis 33 zur Anpassung an die Temperaturlücke der Resonanzfrequenz des Ultraschall-Wandlers 2 erfolgen. Hierzu ist allerdings Voraussetzung, daß im Mikroprozessor 4 der Einfluß der Temperatur auf die Frequenz des Ultraschall-Wandlers sowie die jeweils gültige Pegelkombination zur Nachführung der Oszillatorkreisfrequenz abgespeichert sind.

[0037] Die Einstell- und Meßfunktionen am Mikroprozessor 4 werden durch die Ansteuerung des Widerstandsnetzwerks im Zeitmultiplexverfahren realisiert, was einen geringen Hardware-Aufwand ermöglicht. Durch eine Erweiterung des Widerstandsnetzwerks und der Mikroprozessorausgänge kann die Auflösung der Einstell- und Meßfunktionen nahezu beliebig gesteigert werden. In Verbindung mit der üblicherweise vorhandenen Parametrieschmittstelle 14 ist ein automatisierter Sendefrequenzabgleich des kompletten und eventuell bereits vorgesetzten Näherungsschalters 1 ohne zusätzliche Kontaktiermaßnahmen auch vor Ort in der Anwendung möglich.

[0038] Die geräteinterne Messung der Prüfsignale vermeidet die ansonsten bei externer Signalauskopplung üblichen Probleme durch Störinfluence infolge von Masseschleifen, Rauschsignalen, Schwingneigungen usw.

[0039] Ein weiterer Vorteil des oben beschriebenen Näherungsschalters ist es, daß die Ausgabe der Meßwerte und eventuelle Fehler sowie die Einstellung der Abgleichparameter ohne zusätzlichen Hardware-Aufwand und mit wesentlich einfacheren Fertigungsvorrichtungen über die Parametereinstellstelle des Näherungsschalters erfolgen kann.

[0040] Mit dem vorangehend beschriebenen Aufbau des Näherungsschalters 1 ist die optimale Ausrichtung des US-Wandlers 2 als weitere Betriebsoptimierung möglich.

[0041] Die Information für den optimalen Ausrichtpunkt wird durch die Messung der echoamplitud proportionalen Regelspannung am Ausgang 20 des Regelverstärkers 19 erhalten. Diese Messung entspricht der Regelspannungsmessung, wie sie für den optimalen Sendefrequenzabgleich vorangehend beschrieben wurde. Mit Hilfe der Widerstände 40 bis 43 wird ein rampenförmiges Referenzsignal am Eingang 39 des Komparators 38 eingepeist und hier mit der Regelspannung verglichen. Dieser wird durch den Tiefpass, bestehend aus dem Widerstand 34 und dem Kondensator 35, gemittelt und steht damit für die Messung als zellulkritisches Signal zur Verfügung. Ausgangsseitig wird am Komparator 38 ein digitalisiertes Signal ausgegeben, dessen pulsuläre Varianz die gemessene Amplitude wiedergibt und im Mikroprozessor 4 weiterverarbeitet wird. Durch Helligkeitsänderung oder Taktung einer eventuell bereits für andere Zwecke im Näherungsschalter 1 vorhandenen Leuchtdiode 46 durch einen Prozessorausgang 47 kann die aus dem digitalisierten Signal entsprechend aufbereitete Ausricht-Information am Näherungsschalter 1 angezeigt werden. Gleichzeitig kann die Ausricht-Information durch die standardmäßig vorhandene Parametereinstellstelle 14 über ein spezielles externes Schnittstellen-

[0042] Interface in Echtzeit zur Visualisierung, z.B. als Balkendiagramm auf einem Personalcomputer gegeben werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Betriebsoptimierung eines Ultraschall-Näherungsschalters (1), der einen Ultraschall-Wandler (2), einen Oszillator (16), einen Verstärker (5) und einen Mikroprozessor (4) umfaßt, wobei der Oszillator (16) den Ultraschall-Wandler (2) mit einer Oszillatorkreisfrequenz anregt und der Ultraschall-Wandler (2) daraufhin ein Ultraschallsignal aussendet, das er nach Reflexion als Ultraschall-Echosignal empfängt und in ein elektrisches Signal umwandelt, das im Ultraschall-Näherungsschalter (1) weiterverarbeitet wird und proportional zur Amplitude des empfangenen Ultraschall-Echosignals ist, dadurch gekennzeichnet, daß das zur Amplitude des empfangenen Ultraschall-Echosignals proportionale weiterverarbeitete, elektrische Signal durch steuernden Eingriff

des Mikroprozessors (4) auf eine Meßeinrichtung (38,40,41,42,43) amplitudenmäßig ausgewertet wird.

- 5 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Ergebnis der Amplitudenauflistung und ggf. zugehörige Einstellwerte abgespeichert werden.
- 10 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Oszillatorkreisfrequenz von der Amplitude einer am Oszillator (16) angelegten Steuerspannung abhängt, die durch den Mikroprozessor (4) verändert wird und daraufhin das elektrische Signal ändert.
- 15 4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Veränderung der Steuerspannung durch Zustandswechsel an Ausgängen (31,32,33) des Mikroprozessors (4) erfolgt.
- 20 5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Zustandswechsel an einem dem Oszillator (16) vorgeschalteten Netzwerk mit Widerständen (21...30) Potentialwechsel bewirken.
- 25 6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die amplitudenmäßige Auswertung des elektrischen Signals durch Vergleich mit einer Referenzspannung erfolgt, die durch Zustandswechsel an Ausgängen (31,32,33) des Mikroprozessors (4) verändert wird.
- 30 7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Mikroprozessor (4) selbständig die Einstellwerte für die im Betrieb zu verwendende Sendefrequenz ermittelt, indem er aus den erfaßten Amplituden des elektrischen Signals die höchste auswählt und abspeichert.
- 35 8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das elektrische Signal eine dem Verstärker (5) zugeführte Regelspannung ist.
- 40 9. Ultraschall-Näherungsschalter (1) mit einem Ultraschall-Wandler (2), mit einem Oszillator (16), durch den der Ultraschall-Wandler (2) zur Aussendung von Ultraschallwellen mit einer der Oszillatorkreisfrequenz entsprechenden Sendefrequenz anregbar ist, und mit einem Mikroprozessor (4) zur Steuerung und Auswertung der Sende- und Empfangssignale des Ultraschall-Näherungsschalters (1), dadurch gekennzeichnet, daß eine vom Mikroprozessor (4) steuerbare Meßeinrichtung (38,40,41,42,43) vorgesehen ist, die zur Messung der Amplitude eines im Ultraschall-Näherungs-

- schalters (1) nach Empfang des Ultraschall-Echosignals, weiterverarbeiteten elektrischen Signals dient, das proportional zur Amplitude des Ultraschall-Echosignals ist.
- 5
10. Ultraschall-Näherungsschalter nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Oszillatofrequenz von der Amplitude eines am Eingang (18) des Oszillators (16) anliegenden Steuerspannung abhängt, daß der Eingang (18) des Oszillators (16) über ein Netzwerk (21,22,23,24,25,26,27,28,29,30) mit Ausgängen (31,32,33) des Mikroprozessors (4) mit Ausgängen (31,32,33) des Mikroprozessors (4) elektrisch verbunden ist, und daß durch Zustandewchsel an den Ausgängen (31,32,33) die Steuerspannung am Eingang (18) veränderbar ist.
- 15

11. Ultraschall-Näherungsschalter nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßeinrichtung einen Komparator (38) aufweist, der zum Vergleich der Amplituden des elektrischen Signals und einer amplitudennäßig durch den Mikroprozessor (4) veränderbaren Referenzspannung dient.
- 20

12. Ultraschall-Näherungsschalter nach einem der Ansprüche 9, 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen einem Eingang (39) des Komparators (38) und Ausgängen (31,32,33) des Mikroprozessors (4) ein Netzwerk (40,41,42,43) geschaltet ist, und daß durch Zustandewchsel an den Ausgängen (31,32,33) die Referenzspannung veränderbar ist.
- 25
- 30

35

40

45

50

55

